

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 53 620.1  
**Anmeldetag:** 15. November 2002  
**Anmelder/Inhaber:** GKN Automotive GmbH, Lohmar/DE  
**Bezeichnung:** Gegenbahngelenk mit Steuerwinkelumkehr  
**IPC:** F 16 D 3/224

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wallner

GKN Automotive GmbH

15. November 2002

Hauptstraße 150

Ne/bec (20020554)

53797 Lohmar

Q02047DE00

---

## Gegenbahngelenk mit Steuerwinkelumkehr

---

### Patentansprüche

1. Gleichlaufgelenk in Form eines Gegenbahngelenkes mit den Merkmalen

ein Gelenkaußenteil (12), welches eine erste Längsachse (La) und axial zueinander entgegengesetzt liegend eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das erste äußere Kugelbahnen (22) und zweite äußere Kugelbahnen (24) aufweist,

ein Gelenkinnenteil, welches eine zweite Längsachse (Li) und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils (12) weisende Welle hat und das erste innere Kugelbahnen (23) und zweite innere Kugelbahnen (25) aufweist,

die ersten äußeren Kugelbahnen (22) und die ersten inneren Kugelbahnen (23) bilden erste Bahnpaare miteinander,

die zweiten äußeren Kugelbahnen (24) und die zweiten inneren Kugelbahnen (25) bilden zweite Bahnpaare miteinander,

die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel (14) auf,

ein Kugelkäfig (15) sitzt zwischen Gelenkaußenteil (12) und Gelenkinnenteil (13) und weist umfangsverteilte Käfigfenster (18) auf, die jeweils zumindest eine der drehmomentübertragenden Kugeln (14) aufnehmen,

die Mittelpunkte (K) der Kugeln (14) werden vom Käfig (15) in einer Kugelmittenebene (EK) gehalten,

der Weg der Mittelpunkte (K) der Kugeln (14) in den Kugelbahnen ist jeweils als Mittellinie (M) der entsprechenden Kugelbahnen definiert,

der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) der ersten Bahnpaare (22, 23) öffnet sich bei gestrecktem Gelenk von der Öffnungsseite zur Anschlußseite hin,

der Öffnungswinkel ( $\beta$ ) der zweiten Bahnpaare (24, 25) öffnet sich bei gestrecktem Gelenk von der Anschlußseite zur Öffnungsseite hin,

die ersten Bahnpaare (22, 23) sind so gestaltet, daß der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) der ersten Bahnpaare (22, 23) bei Gelenkbeugung an einer über die Mittelebene (EM) in das Gelenkaußenteil (12) eintretenden Kugel (14) zunächst zu Null wird und sich dann zur Öffnungsseite hin öffnet.

## 2. Gleichlaufgelenk nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die ersten Bahnpaare (22, 23) so gestaltet sind, daß der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) der ersten Bahnpaare bei Gelenkbeugung sich an einer in das Gelenkaußenteil (12) über die Mittelebene (EM) eintretenden Kugel (14) jeweils stetig ändert.

## 3. Gleichlaufgelenk in Form eines Gegenbahngelenkes mit den Merkmalen

ein Gelenkaußenteil (12), welches eine erste Längsachse (La) und axial zueinander entgegengesetzt liegend eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das erste äüße-

re Kugelbahnen (22) und zweite äußere Kugelbahnen (24) aufweist,

ein Gelenkinnenteil, welches eine zweite Längsachse (Li) und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils (12) weisende Welle hat und das erste innere Kugelbahnen (23) und zweite innere Kugelbahnen (25) aufweist,

die ersten äußeren Kugelbahnen (22) und die ersten inneren Kugelbahnen (23) bilden erste Bahnpaare miteinander,

die zweiten äußeren Kugelbahnen (24) und die zweiten inneren Kugelbahnen (25) bilden zweite Bahnpaare miteinander,

die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel (14) auf,

ein Kugelkäfig (15) sitzt zwischen Gelenkaußenteil (12) und Gelenkinnenteil (13) und weist umfangsverteilte Käfigfenster (18) auf, die jeweils zumindest eine der drehmomentübertragenden Kugeln (14) aufnehmen,

die Mittelpunkte (K) der Kugeln (14) werden vom Käfig (15) in einer Kugelmittenebene (EK) gehalten,

der Weg der Mittelpunkte (K) der Kugeln (14) in den Kugelbahnen ist jeweils als Mittellinie (M) der entsprechenden Kugelbahnen definiert,

der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) der ersten Bahnpaare (22, 23) öffnet sich bei gestrecktem Gelenk von der Öffnungsseite zur Anschlußseite hin,

der Öffnungswinkel ( $\beta$ ) der zweiten Bahnpaare (24, 25) öffnet sich bei gestrecktem Gelenk von der Anschlußseite zur Öffnungsseite hin,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien (M22) der ersten äußeren Kugelhahnen (22) der ersten Bahnpaare zentral einen Bogen mit dem Radius (R2) haben, dessen Mittelpunkt um einen ersten axialen Offset (O1) von der Mittelebene (EM) des Gelenks zur Anschlußseite hin versetzt liegt, und daß sie anschließend an diesen Bogen zur Anschlußseite hin von diesem Radius (R2) zunehmend nach radial innen abweichen und daß die Bahnmittellinien (M23) der ersten inneren Kugelhahnen (23) der ersten Bahnpaare zentral einen Bogen mit dem Radius (R2') haben, dessen Mittelpunkt um einen zweiten axialen Offset (O2) von der Mittelebene (EM) des Gelenks zur Öffnungsseite hin versetzt liegt, und daß sie anschließend an diesen Bogen zur Öffnungsseite hin von diesem Radius (R2') zunehmend nach radial innen abweichen.

4. Gleichlaufgelenk nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien (M22) der ersten äußeren Kugelhahnen (22) im Anschluß an den Bogen mit dem Radius (R2) zur Anschlußseite einen Bogen mit einem kleineren Radius (R3) haben, der sich stetig an ersteren anschließt und daß die Bahnmittellinien (M23) der ersten inneren Kugelhahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius (R2') zur Öffnungsseite hin einen Bogen mit einem kleineren Radius (R3') haben, der sich stetig an ersteren anschließt.

5. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien (M22) der ersten äußeren Kugelhahnen (22) der ersten Bahnpaare sich im Anschluß an den Bogen mit dem Radius (R2) zur Öffnungsseite hin von diesem Radius (R2) zunehmend nach radial außen abweichen und daß die Bahnmittellinien (M23) der ersten inneren Kugelhahnen (23) sich im Anschluß an den Bogen mit dem Radius (R2') zur Anschlußseite hin von diesem Radius (R2') zunehmend nach außen abweichen.

6. Gleichlaufgelenk nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien (M22) der ersten äußeren Kugelhahnen (22) im Anschluß an den Bogen mit dem Radius (R2) zur Öffnungsseite einen Bogen mit dem Radius (R1) haben, der sich an ersteren stetig anschließt und dessen Mittelpunkt außerhalb des Radius (R2) liegt und daß die Bahnmittellinien (M23) der ersten inneren Kugelhahnen (23) im Anschluß an den Bogen mit dem Radius (R2') zur Anschlußseite hin einen Radius (R1') haben, der sich stetig an ersteren anschließt und dessen Mittelpunkt außerhalb des Radius (R2') liegt.

7. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien (M24) der zweiten äußeren Kugelhahnen (24) der zweiten Bahnpaare zentral einen Bogen mit dem Radius (R5) haben, dessen Mittelpunkt um einen ersten axialen Offset (O3) von der Mittelebene (EM) des Gelenks

zur Öffnungsseite hin versetzt liegt, und daß sie anschließend an diesen Bogen zur Öffnungsseite zunehmend von diesem Radius ( $R_5$ ) nach radial außen abweichen und daß die Bahnmittellinien ( $M_{25}$ ) der zweiten äußeren Kugelbahnen (25) der zweiten Bahnpaare zentral einen Bogen mit dem Radius ( $R_5'$ ) haben, dessen Mittelpunkt um einen zweiten axialen Offset ( $O_4$ ) von der Mittelebene (EM) des Gelenks zur Anschlußseite hin versetzt liegt, und daß sie anschließend an diesen Bogen zur Anschlußseite hin von diesem Radius ( $R_5'$ ) zunehmend nach radial außen abweichen.

8. Gegenbahngelenk nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien ( $M_{24}$ ) der zweiten äußeren Kugelbahnen (24) im Anschluß an den Bogen mit dem Radius ( $R_5$ ) zur Öffnungsseite hin einen Bogen mit einem Radius ( $R_4$ ) haben, der sich stetig an ersteren anschließt und dessen Mittelpunkt außerhalb des Radius ( $R_5$ ) liegt, und daß die Bahnmittellinien ( $M_{25}$ ) der zweiten inneren Kugelbahnen (25) im Anschluß an den Bogen mit dem Radius ( $R_5'$ ) zur Anschlußseite hin einen Bogen mit dem Radius ( $R_4'$ ) haben, der sich stetig an ersteren anschließt und dessen Mittelpunkt außerhalb des Radius ( $R_5'$ ) liegt.

9. Gegenbahngelenk nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien ( $M_{24}$ ) der zweiten äußeren Kugelbahnen (24) im Anschluß an den Bogen mit dem Radius ( $R_5$ )

zur Öffnungsseite hin eine Gerade aufweisen, die sich stetig anschließt, und daß die Bahnmittellinien (M25) der zweiten inneren Kugelbahnen (25) im Anschluß an den Bogen mit dem Radius ( $R5'$ ) zur Anschlußseite hin eine Gerade umfassen, die sich stetig anschließt.

10. Gegenbahngelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien der Kugelbahnen in Mittelebenen liegen, die die Längsachsen ( $La$ ,  $Li$ ) enthalten.

11. Gegenbahngelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit drei ersten Bahnpaaren (22, 23) und drei zweiten Bahnpaaren (24, 25), die über dem Umfang abwechselnd angeordnet sind.
12. Gegenbahngelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 9, das vier erste Bahnpaare (22, 23) und vier zweite Bahnpaare (24, 25) umfaßt, die über dem Umfang abwechselnd angeordnet sind.



GKN Automotive GmbH  
Hauptstraße 150  
53797 Lohmar

15. November 2002  
Ne/bec (20020554)  
Q02047DE00

---

## Gegenbahngelenk mit Steuerwinkelumkehr

---

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Kugelgleichlaufdrehgelenk in Form eines Gegenbahngelenks. Gegenbahngelenke sind beispielsweise in der DE 100 60 119 A1 beschrieben. Sie weisen im einzelnen folgende Merkmale auf:

ein Gelenkaußenteil, welches eine erste Längsachse und axial zueinander entgegengesetzt liegend eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das erste äußere Kugelbahnen und zweite äußere Kugelbahnen aufweist,

ein Gelenkinnenteil, welches eine zweite Längsachse und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils weisende Welle hat und das erste innere Kugelbahnen und zweite innere Kugelbahnen aufweist,

die ersten äußeren Kugelbahnen und die ersten inneren Kugelbahnen bilden erste Bahnpaare miteinander,

die zweiten äußeren Kugelbahnen und die zweiten inneren Kugelbahnen bilden zweite Bahnpaare miteinander,

die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel auf,

ein Kugelkäfig sitzt zwischen Gelenkaußenteil und Gelenkinnenteil und weist umfangsverteilte Käfigfenster auf, die jeweils zumindest eine der drehmomentübertragenden Kugeln aufnehmen,

die Mittelpunkte der Kugeln werden vom Käfig in einer Kugelmittenebene gehalten,

der Weg der Mittelpunkte der Kugeln in den Kugelbahnen ist jeweils als Mittellinie der entsprechenden Kugelbahnen definiert,

die Tangenten an die Kugeln in den Berührungspunkten mit den Kugelbahnen bilden im Längsschnitt in den Bahnpaaren jeweils Öffnungswinkel miteinander,

der Öffnungswinkel  $\alpha$  der ersten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk von der Öffnungsseite zur Anschlußseite hin, der Öffnungswinkel  $\beta$  der zweiten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk von der Anschlußseite zur Öffnungsseite hin.

Unter Vernachlässigung eines erforderlichen Spiels für die Kugeln sind die Mittellinien der ersten und zweiten Bahnpaare im wesentlichen bei gestrecktem Gelenk spiegelsymmetrisch zueinander in Bezug auf die Mittelebene des Gelenks und bei Gelenkbeugung spiegelsymmetrisch zueinander in Bezug auf die winkelhalbierende Ebene. Als "Öffnungswinkel" werden die Winkel zwischen Tangenten an eine Kugel in ihren Berührungspunkten mit den Bahngrundlinien bzw. zwischen Tangenten an die Bahngrundlinien in Punkten ihrer größten Nähe zu einer Kugel bezeichnet. Als "Steuerwinkel" werden die räumlichen Winkel zwischen Tangentialebenen an eine Kugel in ihren Berührungspunkten mit den Bahnflanken unter Drehmoment bezeichnet. Beide Winkel können sich bei Beugung des Gelenks verändern und nehmen hierbei qualitativ den gleichen Verlauf. Die Winkelhalbierende dieser Winkel bestimmt die Richtung der von einem Bahnpaar auf eine Kugel einwirkenden Kräfte.

Mit den Begriffen "Öffnungsseite" und "Anschlußseite" ist nicht ausgeschlossen, daß das Gegenbahngelenk als Scheibengelenk ausgeführt ist und auch eine Öffnung auf der Anschlußsei-

te aufweist. In jedem Fall ist die Öffnungsseite die für den Eintritt der Welle zum Gelenkinnenteil weisende Seite. Zur Kennzeichnung der axialen Richtungen werden die Begriffe "Anschlußseite" und "Öffnungsseite" auch in Bezug auf das Gelenkinnenteil unverändert verwendet.

Bei Gegenbahngelenken, wie sie aus der DE 100 60 119 A1 bekannt sind, weisen die auf die Kugeln einwirkenden Kräfte in den ersten und zweiten Bahnpaaren in axial entgegengesetzte Richtungen. Diese Kräfte werden vom Käfig abgestützt, auf den somit eine zu Null werdende resultierende Axialkraft einwirkt. Der Käfig ist damit im wesentlichen axialkraftfrei im Gelenkaußenteil abgestützt, so daß das Gelenk sich durch Reibungsarmut und damit durch Leichtgängigkeit und hohen Wirkungsgrad auszeichnet.

Aus der DE 100 60 220 A1 sind Gegenbahngelenke bekannt, bei denen die ersten Bahnpaare, deren Steuerwinkel sich von der Öffnungsseite zur Anschlußseite hin öffnen, an der Öffnungsseite in S-förmigem Verlauf erweitert sind. Dies heißt, daß die Bahnmittellinien der ersten äußeren Kugelbahnen der ersten Bahnpaare sich zur Öffnungsseite hin nach außen krümmen und daß die Bahnmittellinien der ersten inneren Kugelbahnen sich zur Anschlußseite hin nach außen krümmen. Dieser S-förmige Verlauf der Kugelbahnen ermöglicht eine erhöhte Gelenkbeugung, da die sich bei Gelenkbeugung zur Gelenköffnung hin bewegendes Kugeln über einen größeren Beugebereich noch in den Kugelbahnen geführt werden und zur Drehmomentübertragung beitragen können.

In der vorgenannten Veröffentlichung ist bereits erwähnt, daß die zweiten Bahnpaare von Gegenbahngelenken dieser Art eine Gestaltung haben können, wie sie bei UF-Gelenken oder Rzeppa-Gelenken üblich ist, d. h. daß die Mittellinien der äußeren

Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen aus Kreisbahnen bestehen können, deren Mittelpunkte axial gegeneinander zur Mittelebene des Gelenks versetzt sind, oder die sich aus derartigen Kreisbögen mit sich daran entgegengesetzt anschließenden tangentialen Geraden zusammensetzen.

Aus der DE 197 06 864 C1 ist es bekannt, auch bei echten UF-Gelenken oder Rzeppa-Gelenken, die ausschließlich Bahnpaare dieser zuletzt genannten Art haben, zur Vergrößerung des möglichen Beugewinkels die Kugelbahnen an der Öffnungsseite im Gelenkaußenteil zu erweitern, wobei auch hier ein entsprechender Gewinn an Führung der Kugeln und Drehmomentübertragung durch die Kugeln bei Gelenkbeugung an den sich im Gelenkaußenteil zur Öffnung bewegendenden Kugeln zu erreichen ist.

Der Nachteil bei Gegenbahngelenken, insbesondere solchen, bei denen die Bahnmittellinien der ersten Bahnpaare S-förmig sind, besteht darin, daß es bei großen Beugewinkeln zu Stellungen kommt, in denen der Käfig nicht mehr im Momentengleichgewicht um die Beugeachse ist. Dies führt zu einer verschlechterten Käfigsteuerung und kann ein Klemmen im Gelenk zur Folge haben.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Gegenbahngelenk zu konstruieren, das bei großen Beugewinkeln eine verbesserte Käfigsteuerung gewährleistet. Die Lösung hierfür liegt darin, daß die ersten Bahnpaare so gestaltet sind, daß der Öffnungswinkel der ersten Bahnpaare bei Gelenkbeugung an einer über die Mittelebene in das Gelenkaußenteil eintretenden Kugeln zunächst zu Null wird und sich dann zur Öffnungsseite hin öffnet.

Hierbei ist insbesondere vorgesehen, daß die ersten Bahnpaare so gestaltet sind, daß der Öffnungswinkel der ersten Bahnpaare

bei Gelenkbeugung sich an einer in das Gelenkaußenteil über die Mittelebene eintretenden Kugel jeweils stetig ändert und im Bereich eines Beugewinkels zwischen  $11$  und  $16^\circ$ , insbesondere bei etwa  $13^\circ$ , zu null wird.

Die hiermit beschriebene Bahnform kann als spiralförmig oder schneckenartig bezeichnet werden, d. h. die Krümmungslinie der ersten äußeren Kugelbahnen der ersten Bahnpaare im Gelenkaußenteil ziehen sich zur Anschlußseite hin spiralförmig zu und die Bahnmittellinien der ersten inneren Kugelbahnen im Gelenkinnenteil ziehen sich zur Öffnungsseite schneckenartig zu. Bei großen Beugewinkeln verhalten sich somit auch die Öffnungswinkel der ersten Bahnpaare wie die Öffnungswinkel der zweiten Bahnpaare über den gesamten Beugebereich, d. h. wie in RF- oder UF-Gelenkbahnen. Hiermit ist der Käfig bei großen Beugewinkeln im wesentlichen aufgrund der gleichgerichteten Kugelkräfte im Momentengleichgewicht im Verhältnis zur Beugeachse.

Eine andere Lösung geht dahin, daß die Bahnmittellinien der ersten äußeren Kugelbahnen der ersten Bahnpaare zentral einen Bogen mit dem Radius  $R_2$  haben, dessen Mittelpunkt um einen ersten axialen Offset  $O_1$  von der Mittelebene des Gelenks zur Anschlußseite hin versetzt liegt, und daß sie anschließend an diesen Bogen zur Anschlußseite hin von diesem Radius  $R_2$  zunehmend nach radial innen abweichen, und daß die Bahnmittellinien der ersten inneren Kugelbahnen der ersten Bahnpaare zentral einen Bogen mit dem Radius  $R_2'$  haben, dessen Mittelpunkt um einen zweiten axialen Offset  $O_2$  von der Mittelebene des Gelenks zur Öffnungsseite hin versetzt liegt, und daß sie anschließend an diesen Bogen zur Öffnungsseite von diesem Radius  $R_2'$  zunehmend nach radial innen abweichen. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Bahnmittellinien der ersten äußeren Kugelbahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_2$  zur An-

schlußseite einen Bogen mit einem kleineren Radius  $R_3$  haben, der sich stetig an ersteren anschließt, und daß die Bahnmittellinien der ersten inneren Kugelbahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_2'$  zur Öffnungsseite einen Bogen mit einem kleineren Radius  $R_3'$  haben, der sich stetig an ersteren anschließt.

In bevorzugter Ausgestaltung haben die ersten Bahnpaare des erfindungsgemäßen Gegenbahngelenkes Bahnmittellinien mit S-förmigem Verlauf, um den Beugewinkel zu vergrößern und bei großem Beugewinkel die Drehmomentübertragung sicherzustellen. Dies bedeutet insbesondere, daß die Bahnmittellinien der ersten äußeren Kugelbahnen der ersten Bahnpaare sich im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_2$  zur Öffnungsseite hin von diesem Radius  $R_2$  zunehmend nach radial außen abweichen und daß die Bahnmittellinien der ersten inneren Kugelbahnen sich im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_2'$  zur Anschlußseite hin von diesem Radius  $R_2'$  zunehmend nach radial außen abweichen. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Bahnmittellinien der ersten äußeren Kugelbahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_2$  zur Öffnungsseite einen Bogen mit dem Radius  $R_1$  haben, der sich stetig an ersteren anschließt und dessen Mittelpunkt außerhalb des Radius  $R_2$  liegt und daß die Bahnmittellinien der ersten inneren Kugelbahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_2'$  zur Anschlußseite hin einen Radius  $R_1'$  haben, der sich stetig an ersteren anschließt und dessen Mittelpunkt außerhalb des Radius  $R_2'$  liegt.

Zur Gestaltung der zweiten Bahnpaare sind oben bereits verschiedene Möglichkeiten angesprochen worden. Hierbei ist insbesondere vorgesehen, daß die Bahnmittellinien der zweiten äußeren Kugelbahnen der zweiten Bahnpaare zentral einen Bogen mit dem Radius  $R_5$  haben, dessen Mittelpunkt um einen ersten axialen Offset  $O_3$  von der Mittelebene  $EM$  des Gelenks zur Öff-

nungsseite hin versetzt liegt, und daß sie anschließend an diesen Bogen zur Öffnungsseite zunehmend von diesem Radius  $R_5$  nach radial außen abweichen, und daß die Bahnmittellinien der zweiten äußeren Kugelbahnen der zweiten Bahnpaare zentral einen Bogen mit dem Radius  $R_5'$  haben, dessen Mittelpunkt um einen zweiten axialen Offset  $O_4$  von der Mittelebene  $EM$  des Gelenks zur Anschlußseite hin versetzt liegt, und daß sie sich anschließend an diesen Bogen zur Anschlußseite hin von diesem Radius  $R_5'$  zunehmend nach radial außen abweichen. Insbesondere wird vorgeschlagen, daß die Bahnmittellinien der zweiten äußeren Kugelbahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_5$  zur Öffnungsseite hin einen Bogen mit dem Radius  $R_4$  haben, der sich stetig an ersteren anschließt und dessen Mittelpunkt außerhalb des Radius  $R_5$  liegt, und daß die Bahnmittellinien der zweiten inneren Kugelbahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_5'$  zur Anschlußseite einen Bogen mit dem Radius  $R_4'$  haben, der sich stetig an ersteren anschließt und dessen Mittelpunkt außerhalb des Radius  $R_5'$  liegt.

Alternativ hierzu ist es möglich, daß die Bahnmittellinien der zweiten äußeren Kugelbahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_5$  zur Öffnungsseite hin eine Gerade aufweisen, die sich tangential an ersteren anschließt, und daß die Bahnmittellinien der zweiten inneren Kugelbahnen im Anschluß an den Bogen mit dem Radius  $R_5'$  zur Anschlußseite hin eine Gerade umfassen, die sich tangential an ersteren anschließt.

Die Bahnpaare werden bevorzugt in Mittelebenen liegen, die die Längsachsen von Gelenkaußenteil und Gelenkinnenteil enthalten. Dies gilt insbesondere für Gelenke mit sechs Bahnpaaren und acht Bahnpaaren, die jeweils über dem Umfang abwechselnd verteilt sind.

Die wesentlichen Vorteile werden nachstehend nochmals zusammengefaßt. Durch das Gegenbahnprinzip des erfindungsgemäßen Gelenks wird eine hohe Lebensdauer erreicht, auch bei großen Dauerbeugewinkeln innerhalb des Betriebsbeugebereiches. Hierbei ist ein guter Wirkungsgrad gewährleistet. Die erfindungsgemäße Bahnform erlaubt eine gute Gelenksteuerung und hohe Drehmomentkapazität bei sehr großen Beugewinkeln. In den bevorzugten Ausführungsformen mit S-förmigen Kugelbahnen sowohl der Gegenbahnen (erste Bahnpaare) als auch gegebenenfalls der Standardbahnen (zweite Bahnpaare), können vergrößerte maximale Beugewinkel bis  $50^\circ$  erreicht werden.

Die Erfindung wird anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert, die nachstehend beschrieben sind.

Es zeigt

Figur 1 ein erfindungsgemäßes Gegenbahngelenk in gestrecktem Zustand im Längsschnitt;

Figur 2 ein erfindungsgemäßes Gelenk nach Figur 1 in extrem in einem ersten Sinn gebeugtem Zustand;

Figur 3 ein erfindungsgemäßes Gelenk in extrem in zu Figur 2 entgegengesetztem Sinn gebeugtem Zustand im Längsschnitt;

Figur 4 ein erfindungsgemäßes Gelenk nach Figur 2 in extrem im genannten ersten Sinn gebeugtem Zustand;

Figur 5 das Gelenkaußenteil eines erfindungsgemäßen Gelenks im Längsschnitt mit Einzelheiten zu den ersten äußeren Bahnen;



Figur 6 ein Gelenkaußenteil eines erfindungsgemäßen Gelenks im Längsschnitt mit Einzelheiten zu den zweiten äußeren Bahnen;

Figur 7 ein erfindungsgemäßes Gelenk nach den vorangegangenen Figuren mit sechs Kugeln

- a) in Achsansicht
- b) im Längsschnitt A-A;

Figur 8 ein erfindungsgemäßes Gelenk mit sechs Kugeln in abgewandelter Ausführung

- a) in Axialansicht
- b) im Längsschnitt durch die Kugelbahnen;

Figur 9 ein erfindungsgemäßes Gelenk ähnlich Figur 7 mit acht Kugeln

- a) in Axialansicht
- b) im Schnitt A-A durch zwei erste Bahnpaare
- c) im Schnitt B-B durch zwei zweite Bahnpaare;

Figur 10 ein erfindungsgemäßes Gelenk nach Figur 9 in abgewandelter Form

- a) in Axialansicht
- b) im Schnitt A-A durch zwei erste Bahnpaare
- c) im Schnitt B-B durch zwei zweite Bahnpaare;

Figur 11 ein erfindungsgemäßes Gelenk in der Darstellung nach Figur 2 unter Weglassung des Gelenkinnenteils;

Figur 12 ein Gegenbahngelenk nach dem Stand der Technik in mit Figur 11 vergleichbarer Darstellung.

Die Figuren 1 bis 4 werden nachstehend zunächst gemeinsam beschrieben. Sie zeigen jeweils ein erfindungsgemäßes Gelenk 11 im Längsschnitt, das im wesentlichen ein Gelenkaußenteil 12, ein Gelenkinnenteil 13, drehmomentübertragende Kugeln 14 und einen Kugelkäfig 15 umfaßt. Der Kugelkäfig 15 ist mit einer sphärischen Außenfläche 16 konzentrisch im Gelenkaußenteil 12 gehalten, während er mit seiner Innenfläche 17 vorzugsweise Spiel gegenüber dem Gelenkinnenteil 13 hat. Die Kugeln 14 sind in umfangsverteilten Käfigfenstern 18 im Kugelkäfig 15 in einer gemeinsamen Kugelmittenebene EK gehalten. Am Gelenkaußenteil 12 ist eine Längsachse La bezeichnet, am Gelenkinnenteil 13 eine Längsachse Li. Das Gelenkaußenteil 12 weist einen Anschlußzapfen 19 und eine Öffnung 20 auf. Die Lage des Anschlußzapfens 19 bezeichnet die axiale Richtung der "Anschlußseite", die Lage der Öffnung 20 bezeichnet die axiale Richtung der "Öffnungsseite". Diese Begriffe werden auch in Bezug auf das Gelenkinnenteil 13 verwendet, obwohl dieses eine Öffnung 21 zum Einstecken einer Anschlußwelle von der "Öffnungsseite" her aufweist.

Am Gelenk ist der Gelenkmittelpunkt M, vier Offsetpunkte O1, O2, O3, O4 und die Mittelebene EM des Gelenks bezeichnet.

In der oberen Bildhälfte ist ein erstes Bahnpaar mit einer ersten äußeren Kugelbahn 22 und einer ersten inneren Kugelbahn 23 im Schnitt dargestellt. Die Mittellinie M22 der ersten äußeren Kugelbahn 22 bezeichnet den Weg des Kugelmittelpunktes der Kugel 14<sub>1</sub> in Bezug auf die erste äußere Kugelbahn 22 und die Mittellinie M23 der ersten inneren Kugelbahn 23 bezeichnet den Weg des Kugelmittelpunktes der Kugel 14<sub>1</sub> in Bezug auf die erste innere Kugelbahn 23. Die beiden Mittellinien M22, M23

sind zueinander spiegelsymmetrisch in Bezug auf die Kugelmittenebene EK.

In der unteren Bildhälfte ist ein erstes Bahnpaar mit einer zweiten äußeren Kugelbahn 24 und einer zweiten inneren Kugelbahn 25 im Schnitt dargestellt. Die Mittellinie M24 der zweiten äußeren Kugelbahn 24 bezeichnet den Weg des Kugelmittelpunktes der Kugel 14<sub>2</sub> in Bezug auf die zweite äußere Kugelbahn 24 und die Mittellinie M25 der zweiten inneren Kugelbahn 25 bezeichnet den Weg des Kugelmittelpunktes der Kugel 14<sub>2</sub> in Bezug auf die zweite innere Kugelbahn 25. Die beiden Mittellinien M24, M25 sind zueinander spiegelsymmetrisch in Bezug auf die Kugelmittenebene EK.

Die weitgehende Symmetrie der Mittellinien M22, M23 sowie M24, M25 zueinander in Bezug auf die Kugelmittenebene entspricht allgemeinen Gesetzmäßigkeiten bei Gleichlaufgelenken der genannten Art. Der nicht näher bezeichnete Bahngrund der Kugelbahnen hat in den Darstellungen Kontakt zu den Kugeln, obwohl dies bei ausgeführten Gelenken nicht notwendig gegeben sein muß. Vereinfachend ist hier angenommen, daß der Kontakt der Kugeln mit den Kugelbahnen im Bahngrund stattfindet. Die Bahngrundlinien der Kugelbahnen verlaufen äquidistant zu ihren Mittellinien. Bei Drehmomentübertragung am Gleichlaufgelenk verlagert sich der Kontakt der Kugeln mit den Kugelbahnen notwendigerweise in Flankenbereiche der Kugelbahnen.

Nachfolgend wird auf die Unterschiede der Figuren 1 bis 4 eingegangen.

In Figur 1 ist das erfindungsgemäße Gelenk in gestrecktem Zustand gezeigt. Hierbei fallen die Längsachsen La und Li zusammen, ebenso die Offset-Punkte O1 und O4 sowie O2 und O3. Das

erste Bahnpaar 22, 23 ist dadurch gekennzeichnet, daß es sich in der Mittelebene EM zur Anschlußseite hin öffnet, d. h. Tangenten an die Kugelkontaktpunkte in den Kugelbahnen bilden einen Öffnungswinkel  $\alpha$ , der sich zur Anschlußseite hin öffnet. Hierdurch erfährt die Kugel 14<sub>1</sub> unter Drehmoment eine resultierende Kraft F<sub>1</sub>, die zur Anschlußseite weist.

Das zweite Bahnpaar 24, 25 ist dadurch gekennzeichnet, daß sie sich in der Mittelebene EM zur Öffnungsseite hin öffnen, d. h. Tangenten an die Kugelkontaktpunkte in den Kugelbahnen bilden einen Öffnungswinkel  $\beta$ , der sich zur Öffnungsseite hin öffnet. Hierdurch erfährt die Kugel unter Drehmoment eine resultierende Kraft F<sub>4</sub>, die zur Öffnungsseite weist.

Da die Resultierende der Kräfte auf die Kugeln in den ersten Bahnpaaren und in den zweiten Bahnpaaren, die abwechselnd über dem Umfang verteilt sind, gleich Null ist, ist der Käfig weitgehend axialkraftfrei und läuft das Gelenk im Betriebswinkelbereich reibungsarm.

In Figur 2 ist das Gelenk um einen Beugewinkel  $\gamma_1$  gebeugt, der in der Zeichnungsebene liegt, wobei der Beugewinkel  $\gamma_1$  zwischen den Längsachsen L<sub>a</sub> und L<sub>i</sub> aufgespannt ist. Die Kugelmittebene EK, die mit der winkelhalbierenden Ebene EW übereinstimmt, ist hierbei gegenüber der Mittelebene EM um den halben Beugewinkel ( $\gamma_1 / 2$ ), der nicht bezeichnet ist, verdreht, wobei durch eine Rechtsdrehung im mathematischen Sinne die Kugel 14<sub>1</sub> im ersten Bahnpaar 22, 23 sich zur Anschlußseite verlagert hat und die Kugel 14<sub>2</sub> im zweiten Bahnpaar sich zur Öffnungsseite verlagert hat. Durch die erfindungsgemäße Bahnform der ersten Bahnpaare, auf die noch näher eingegangen wird, hat sich nunmehr der Öffnungswinkel  $\alpha$  zwischen den Tangenten an die Kugel 14<sub>1</sub> in dem ersten Bahnpaar so verändert, daß er sich zur Anschlußseite öffnet. Unter Drehmoment bewirkt das erste Bahn-

paar 22, 23 nunmehr eine resultierende Kraft  $F_1$  auf die Kugel  $14_1$ , die zur Öffnungsseite weist.

Die Tangenten an die Kugel  $14_2$  im zweiten Bahnpaar 24, 25 spannen einen Öffnungswinkel  $\beta$  auf, der sich gegenüber dem ursprünglichen Öffnungswinkel vergrößert hat, jedoch weiterhin zur Öffnungsseite weist. Unter Drehmoment bewirkt das zweite Bahnpaar 24, 25 nunmehr eine resultierende Kraft  $F_4$  auf die Kugel  $14_2$ , die ebenfalls zur Öffnungsseite zeigt.

Die Resultierende der Kräfte auf die Kugeln in allen Bahnpaaren ist ungleich Null, so daß sich der Käfig am Gelenkaußenteil abstützen muß. Dafür ist der Käfig in der Beugeebene aber frei von Drehmoment um die Beugeachse, so daß der Käfig leicht zurückzuführen ist und das Gelenk gut steuerbar bleibt.

In Figur 3 ist das Gelenk um einen zweiten Beugewinkel  $\gamma_2$ , der genau so groß ist, wie der Beugewinkel  $\gamma_1$ , jedoch hier jedoch durch eine Linksdrehung im mathematischen Sinne erzeugt ist, in der Zeichnungsebene gebeugt. Die Mittellinien  $L_a$ ,  $L_i$  spannen den genannten Beugewinkel  $\gamma_2$  auf. Die Kugelmittenebene  $EK$ , die mit der winkelhalbierenden Ebene  $EW$  übereinstimmt, ist gegenüber der Mittelebene  $EM$  des Gelenks um den halben Beugewinkel ( $\beta_2 / 2$ ), der hier nicht bezeichnet ist, geneigt. Auf die Darstellung der Öffnungswinkel wurde hier verzichtet. Obwohl im Bereich der Kugel  $14_1$  die Kugelmittenebene  $EK$  die erste äußere Kugelbahn 22 bereits verlassen hat, stellt die gewählte Bahnform sicher, daß ein Kugelkontaktpunkt  $C_{22}$  noch um einen Abstand  $S_1$  vom Ende der Kugelbahn 22 entfernt liegt. Ein Kugelkontaktpunkt  $C_{23}$  liegt ebenfalls um einen nicht bezeichneten Abstand vom Ende der Kugelbahn 23 entfernt. Die Kugel  $14_1$  hat somit noch sicheren Kontakt innerhalb der Kugelbahnen 22, 23 und kann damit zur Drehmomentübertragung beitragen. Die dem zugrundeliegende Gestaltung der ersten Kugelbahnen 22, 23 auf

der Öffnungsseite ist im einzelnen in der DE 100 60 220 A1 beschrieben, auf die hier inhaltlich Bezug genommen wird.

In Figur 4 ist das Gelenk wie in Figur 2 gezeigt, wobei der Beugewinkel  $\gamma_1$  in der Zeichnungsebene zwischen der ersten Längsachse  $La$  und der zweiten Längsachse  $Li$  aufgespannt ist. Auf die Darstellung der Öffnungswinkel ist hierbei verzichtet. Hier ist im Bereich der Kugel  $14_2$  im zweiten Bahnpaar 24, 25 dargestellt, daß die Kugelmittenebene  $EK$ , die mit der winkelhaltierenden Ebene  $EW$  übereinstimmt und gegenüber der Mittelebene  $EM$  des Gelenks um den halben Beugewinkel  $(\gamma_1 / 2)$  geneigt ist, bei diesem Beugewinkel bereits aus dem Bereich der äußeren Kugelbahn 24 ausgetreten ist. Durch die an den zweiten Bahnpaaren gewählte Bahnform ist jedoch sichergestellt, daß gleichwohl der Kugelkontaktpunkt  $C24$  der Kugel  $14_2$  mit der äußeren Bahn 24 noch um den Abstand  $S2$  innerhalb der Bahn liegt. Ein Kugelkontaktpunkt  $C25$  liegt ebenfalls um einen nicht bezeichneten Abstand vom Ende der Kugelbahn 25 entfernt. Die Kugel  $14_2$  kann damit noch Drehmoment übertragen. Die Gestaltung dieser Bahn ist grundsätzlich in der DE 197 06 864 beschrieben, auf die hiermit Bezug genommen wird.

In den Figuren 5 und 6 ist das Gelenkaußenteil 12 als Einzelheit im Längsschnitt gezeigt. Hierbei sind die Bahnmittellinie  $M22$  der ersten äußeren Kugelbahn 22 und der Bahnmittellinie  $M24$  der zweiten äußeren Kugelbahn 24 eingezeichnet.

In Figur 5 ist der Bahnverlauf der ersten äußeren Kugelbahn 22 anhand ihrer Mittellinie  $M22$  näher dargestellt. Diese hat zentral einen Bogenverlauf um den Mittelpunkt  $O1$  mit dem Radius  $R2$ . Der Radius  $R2$  erstreckt sich zur Anschlußseite hin bis in eine Ebene  $S$ , die senkrecht zur Längsachse  $La$  liegt. An den Radius  $R2$  schließt sich ein kleinerer Kreisbogen mit dem Radius  $R3$  stetig an, dessen Mittelpunkt  $OS$  auf der genannten Ebene

S liegt. Hiermit wird die erfindungsgemäße Umkehr des Öffnungswinkels  $\alpha$  an den Kugeln in den ersten Bahnpaaren bei Gelenkbeugung bewirkt.

Zur Öffnungsseite hin schließt sich an den Kreisbogen mit dem Radius  $R_2$  um den Mittelpunkt  $O_1$  ein entgegengesetzt gekrümmter Kreisbogen mit dem Radius  $R_1$  an, dessen Mittelpunkt  $O_E$  außerhalb des Kreises mit dem Radius  $R_2$  liegt. Der Anschluß ist ebenfalls stetig. Gemäß den bekannten Gesetzmäßigkeiten verläuft die Mittellinie (M23) der ersten inneren Kugelbahn (23), die hier nicht dargestellt ist, bei übereinstimmender Lage der Längsachsen  $La$ ,  $Li$  symmetrisch zur Mittellinie M22 in Bezug auf die Mittelebene  $EM$ , wobei sie in allen gebeugten Positionen des Gelenkes zur Mittellinie M22 jeweils symmetrisch in Bezug auf die Kugelmittlebene  $EK$  bleibt, die einer winkelhalbierenden Ebene  $EW$  zwischen den Längsachsen  $La$ ,  $Li$  entspricht.

In Figur 6 ist der Bahnverlauf der zweiten äußeren Kugelbahn 24 anhand ihrer Mittellinie M24 dargestellt. Diese umfaßt zentral einen Kreisbogen mit dem Radius  $R_5$  um einen Mittelpunkt  $O_3$ , wobei sich dieser Kreisbogen zur Anschlußseite hin bis zum Ende der Kugelbahn erstreckt. Zur Öffnungsseite schließt sich an den genannten Kreisbogen ein Kreisbogen mit umgekehrter Krümmung mit dem Radius  $R_4$  an, dessen Mittelpunkt  $O_A$  sich außerhalb des Kreises mit dem Radius  $R_5$  befindet. Die zugehörige Mittellinie (M25) der zweiten inneren Kugelbahn (25), die hier nicht dargestellt ist, ist symmetrisch zur gezeigten Mittellinie M24 in Bezug auf die Mittelebene  $EM$  des Gelenks bei Zusammenfallen der Längsachsen, bzw. in Bezug auf die Kugelmittlebene  $EK$  bei gebeugtem Gelenk in allen Positionen, die einer winkelhalbierende Ebene  $EW$  zwischen den Längsachsen  $La$ ,  $Li$  entspricht.

In Figur 7 ist ein Gelenk nach den vorhergehenden Zeichnung vollständig gezeigt, wobei übereinstimmende Teile mit übereinstimmenden Bezugsziffern belegt sind. Auf die vorangehende Beschreibung wird insoweit Bezug genommen. Das Gelenk ist als Sechskugelgelenk ausgeführt, so daß über dem Umfang abwechselnd drei erste Bahnpaare 22, 23 vorgesehen sind, von denen eines im Schnitt A-A in der oberen Bildhälfte gezeigt ist und drei zweite Bahnpaare 24, 25, von denen eines im Schnitt A-A in der unteren Bildhälfte gezeigt ist.

In Figur 8 ist ein Gelenk ähnlich wie in Figur 7 dargestellt, wobei gleiche Einzelheiten mit gleichen Bezugsziffern belegt sind. Auf die vorangehende Beschreibung wird insoweit Bezug genommen. Die zweiten Bahnpaare 24, 25 sind jedoch dahin abgewandelt, daß ihre Mittellinien jeweils im Anschluß an einen ersten Kreisbogen (mit dem Radius  $R_5$ ) eine tangential anschließende Gerade anstelle eines entgegengesetzt gekrümmten Kreisbogens aufweisen. Die hiermit gezeigt Bahnform entspricht somit der Bahnform üblicher UF-Gelenke.

In Figur 9 ist ein Gelenk ähnlich dem Gelenk in Figur 7 gezeigt, jedoch sind acht Bahnpaare und acht Kugeln vorgesehen, wobei erste und zweite Bahnpaare über dem Umfangs abwechselnd verteilt sind. Hiernach sind im Schnitt A-A zwei erste Bahnpaare 22, 23 und im Schnitt B-B zwei zweite Bahnpaare 24, 25 jeweils in der Schnittebene erkennbar.

In Figur 10 ist ein Gelenk mit im wesentlichen den gleichen Einzelheiten wie das Gelenk in Figur 9 gezeigt. Auf die vorangehende Beschreibung wird insoweit Bezug genommen. Die zweiten Bahnpaare 24, 25 weichen jedoch dadurch davon ab, daß im Anschluß an die Kreisabschnitte ihrer Mittellinien (mit dem Radius  $R_5$ ) anstelle eines entgegengesetzt gekrümmten Kreisbogens



sich tangentielle Geraden sich anschließen. Die Bahnform entspricht somit der von bekannten UF-Gelenken.

In den Figuren 11 und 12 sind in einem Halbschnitt für ein Sechskugelgelenk die von den Bahnen auf die Kugeln ausgeübten Kräfte dargestellt.

In Figur 11 ist ein erfindungsgemäßes Gelenk gezeigt, an dem durch den erfindungsgemäßen Verlauf der ersten Kugelbahnen 22 eine Umkehr der auf die Kugel einwirkenden Kraft  $F_1$  in der Beugeebene erfolgt, so daß auf den Käfig unter Berücksichtigung der Tatsache, daß zu den Kräften  $F_2$  und  $F_3$  an den nicht dargestellten Kugeln gleichgerichtete Kräfte ( $F_5$ ) und ( $F_6$ ) angreifen, eine resultierende Kraft in Richtung zur Anschlußseite ausgeübt wird, jedoch kein Drehmoment um die Beugeachse des Gelenks. Hierdurch stützt sich der Käfig am Gelenkaußenteil ab, so daß Reibungskräfte entstehen. Das Gelenk ist jedoch leichtgängig aus der gebeugten Stellung zu kleineren Beugewinkeln zurückzuführen.

In Figur 12 ist dargestellt, wie bei einem konventionellen Gegenbahngelenk bei extremer Beugung alle auf den Käfig einwirkenden Kugelkräfte in Bezug auf die Gelenkbeugeachse in gleichem Drehsinn auf den Käfig einwirken. Auf den Käfig wird ein starkes Moment ausgeübt, wie durch den eingezeichneten Drehpfeil erkennbar wird. Das Gelenk neigt zum Klemmen; ein Zurückführen des Gelenks zu kleineren Beugewinkeln ist erschwert oder unmöglich.

GKN Automotive GmbH  
Hauptstraße 150  
53797 Lohmar

15. November 2002  
Ne/bec (20020554)  
Q02047DE00

---

Gegenbahngelenk mit Steuerwinkelumkehr

---

Bezugszeichenliste

11	Gegenbahngelenk
12	Gelenkaußenteil
13	Gelenkinnenteil
14	Kugel
15	Käfig
16	Käfigaußenfläche
17	Käfiginnenfläche
18	Fenster
19	Anschlußzapfen
20	Gelenköffnung
21	Einstecköffnung
22	erste äußere Kugelbahn
23	erste innere Kugelbahn
24	zweite äußere Kugelbahn
25	zweite innere Kugelbahn
$\alpha$	Öffnungswinkel
$\beta$	Öffnungswinkel
$\gamma_1$	Beugewinkel
$\gamma_2$	Beugewinkel

EK	Kugelmittenebene
EM	Gelenkmittenebene
EW	winkelhalbierende Ebene
La	Längsachse Außenteil
Li	Längsachse Innenteil
M22	Mittellinie Bahn 22
M23	Mittellinie Bahn 23
M24	Mittellinie Bahn 24
M25	Mittellinie Bahn 25

GKN Automotive GmbH

Hauptstraße 150

53797 Lohmar

15. November 2002

Ne/bec (20020554)

Q02047DE00

---

## Gegenbahngelenk mit Steuerwinkelumkehr

---

### Zusammenfassung

Gleichlaufgelenk in Form eines Gegenbahngelenkes mit den Merkmalen

ein Gelenkaußenteil 12, das erste äußere Kugelbahnen 22 und zweite äußere Kugelbahnen 24 aufweist,

ein Gelenkinnenteil, das erste innere Kugelbahnen 23 und zweite innere Kugelbahnen 25 aufweist,

die ersten äußeren Kugelbahnen 22 und die ersten inneren Kugelbahnen 23 bilden erste Bahnpaare miteinander,

die zweiten äußeren Kugelbahnen 24 und die zweiten inneren Kugelbahnen 25 bilden zweite Bahnpaare miteinander,

die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel 14 auf,

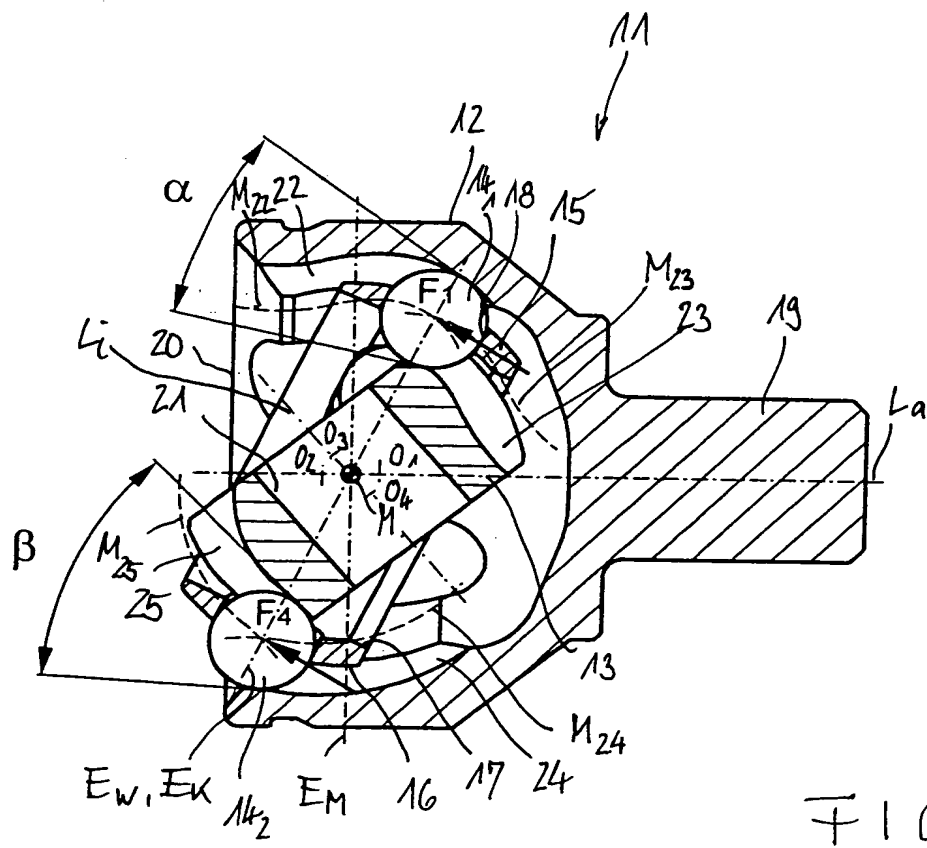
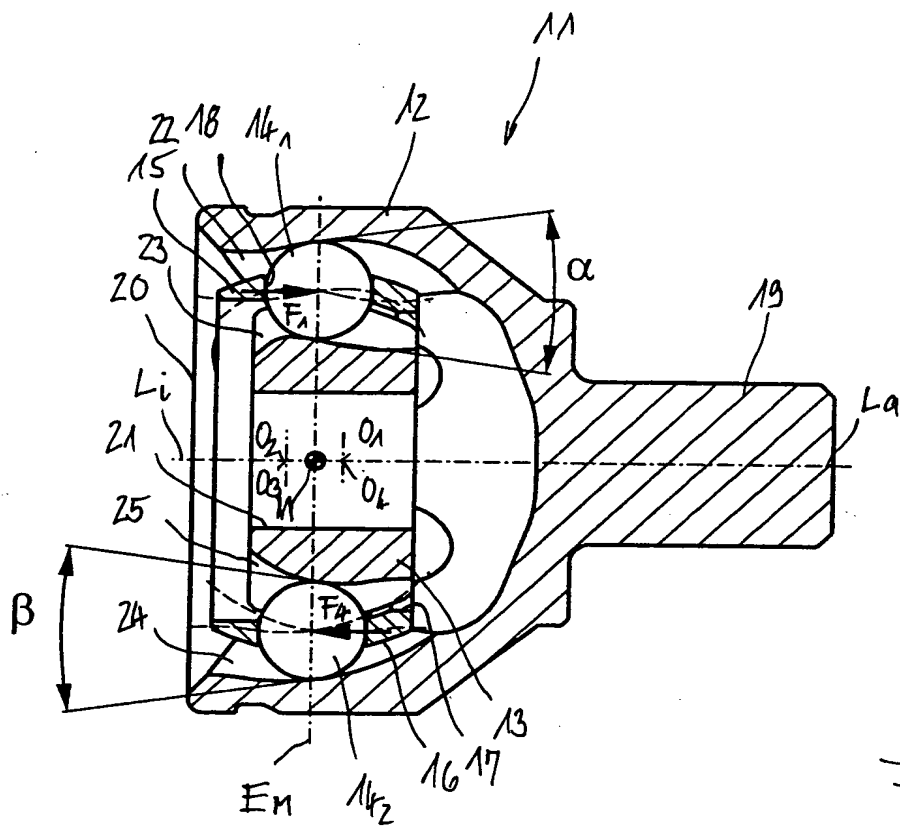
ein Kugelkäfig 15 sitzt zwischen Gelenkaußenteil 12 und Gelenkinnenteil 13 und weist umfangsverteilte Käfigfenster 18 auf, die jeweils zumindest eine der drehmomentübertragenden Kugeln 14 aufnehmen,

der Öffnungswinkel  $\alpha$  der ersten Bahnpaare 22, 23 öffnet sich bei gestrecktem Gelenk von der Öffnungsseite zur Anschlußseite hin,

der Öffnungswinkel  $\beta$  der zweiten Bahnpaare 24, 25 öffnet sich bei gestrecktem Gelenk von der Anschlußseite zur Öffnungsseite hin,

die ersten Bahnpaare 22, 23 sind so gestaltet, daß der Öffnungswinkel  $\alpha$  der ersten Bahnpaare 22, 23 bei Gelenkbeugung an einer über die Mittelebene EM in das Gelenkaußenteil 12 eintretenden Kugel 14 zunächst zu Null wird und sich dann zur Öffnungsseite hin öffnet.

Figur 1



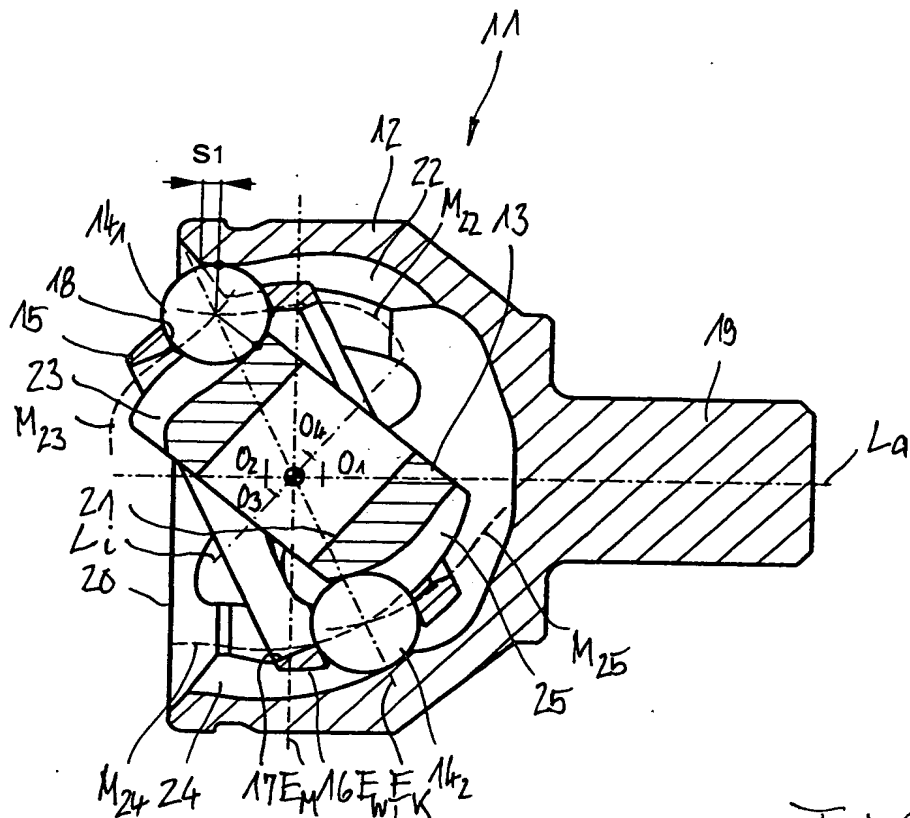


FIG. 3

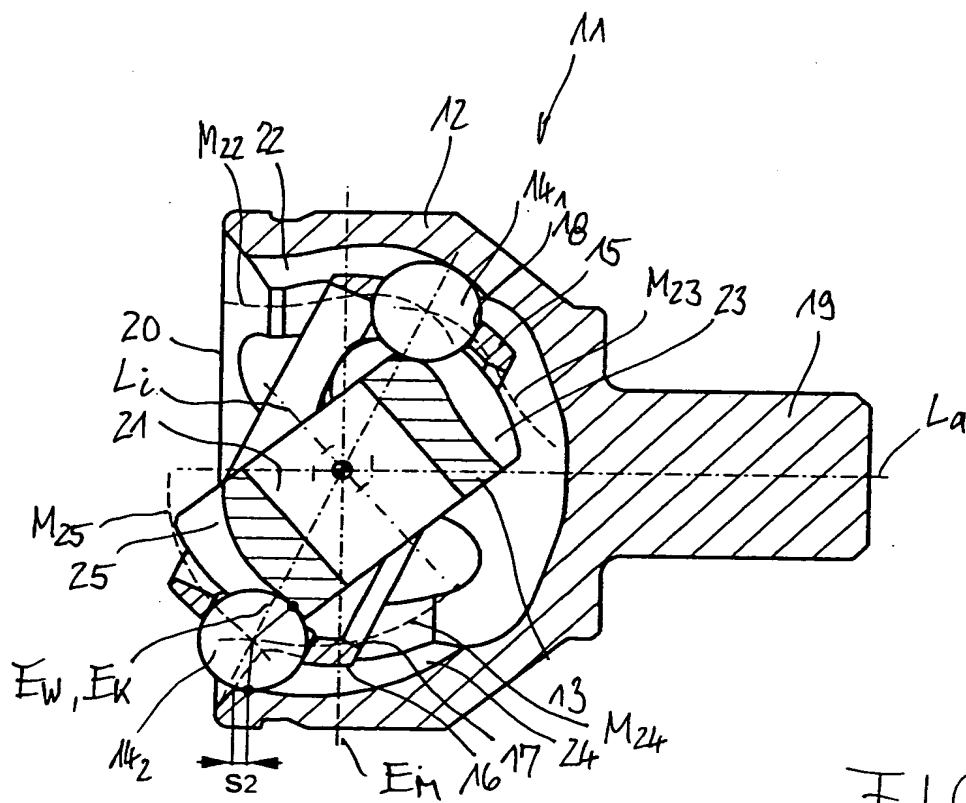
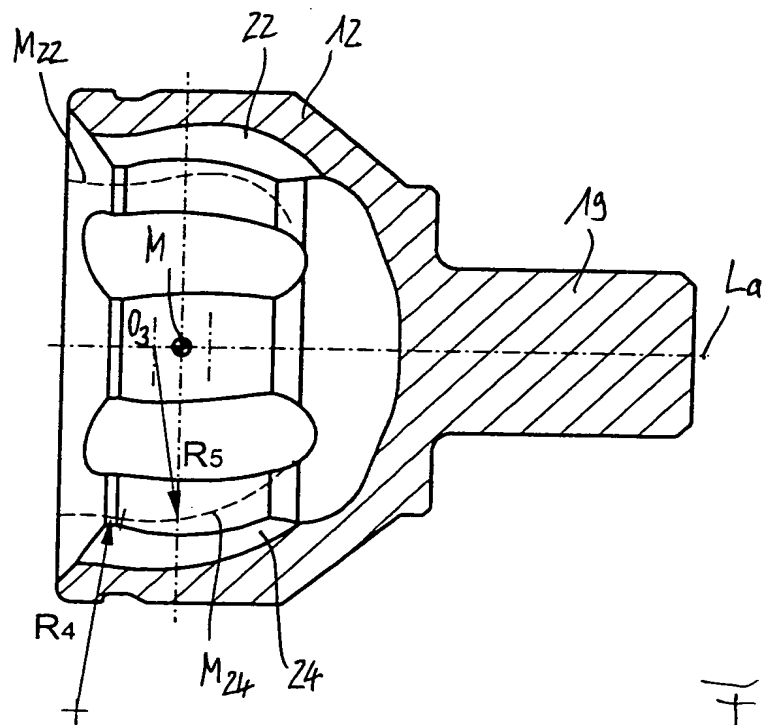
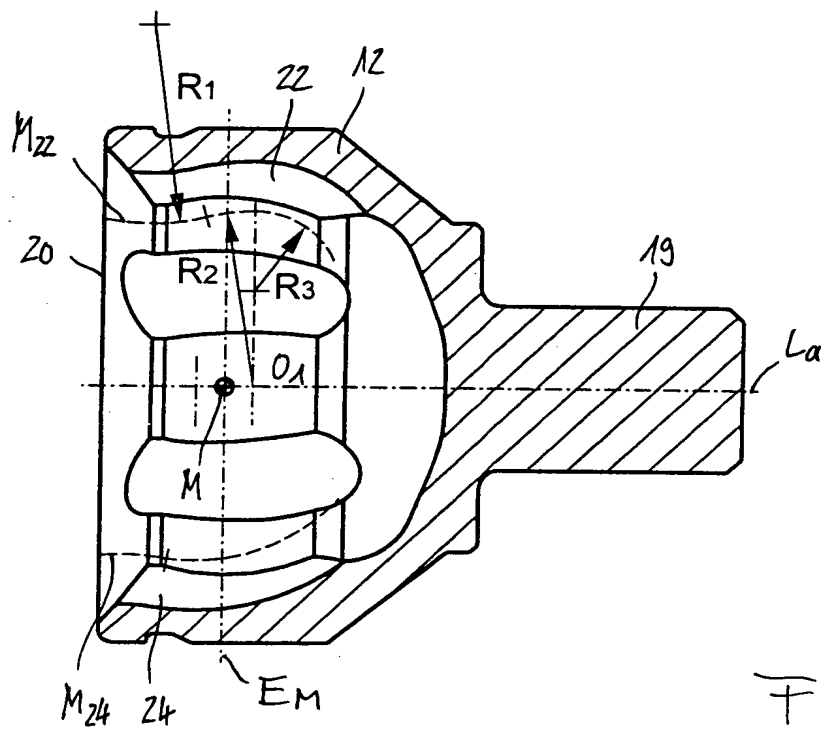
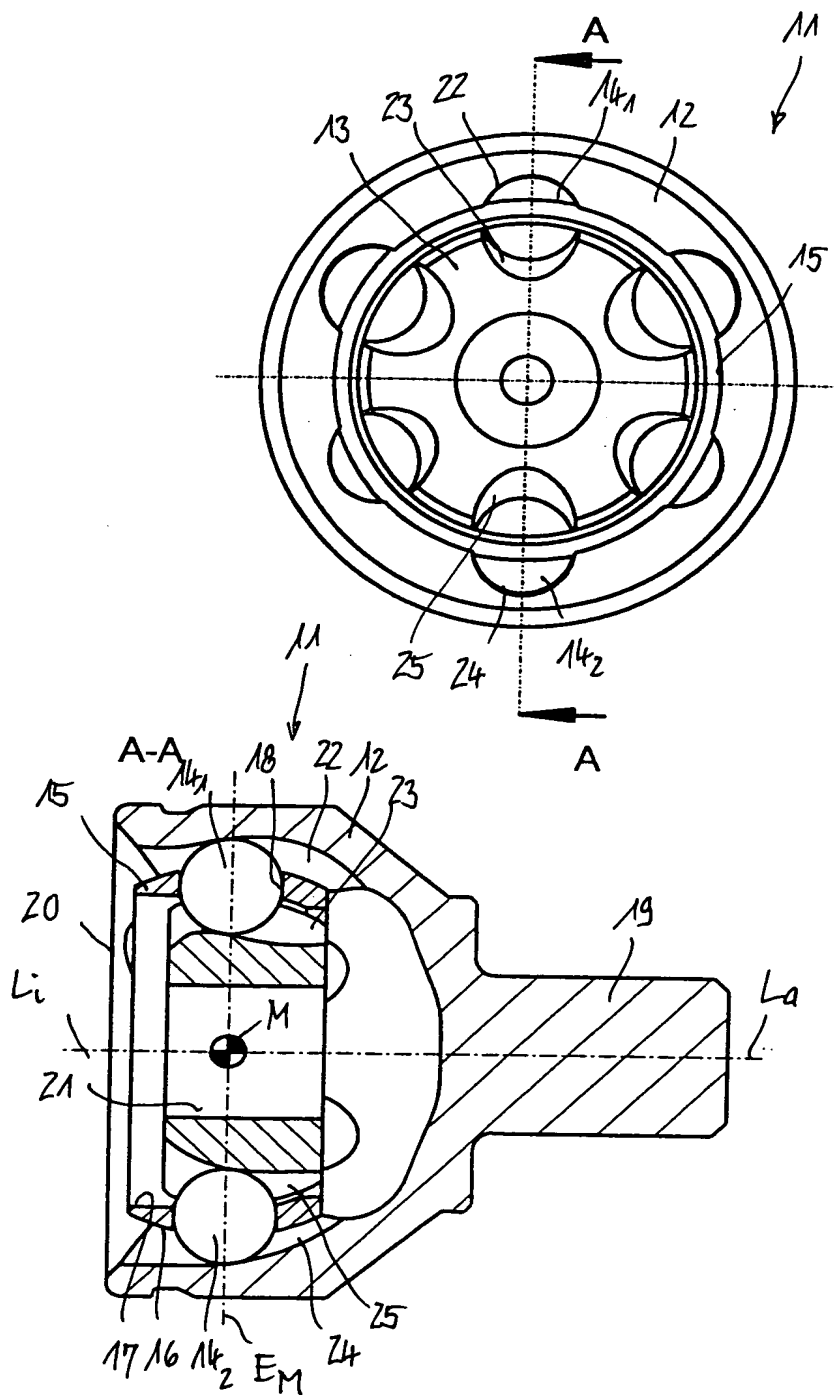


FIG. 4



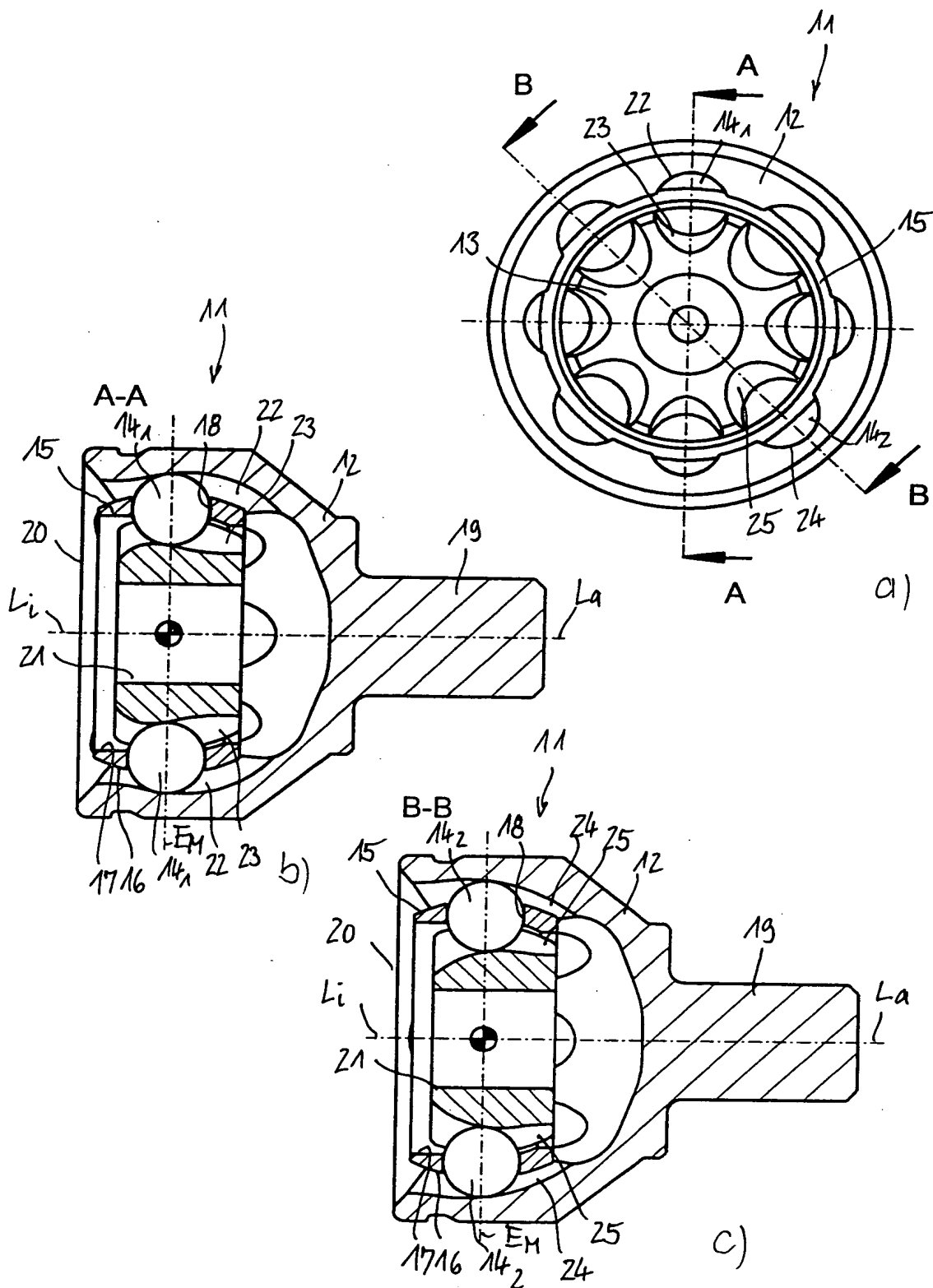






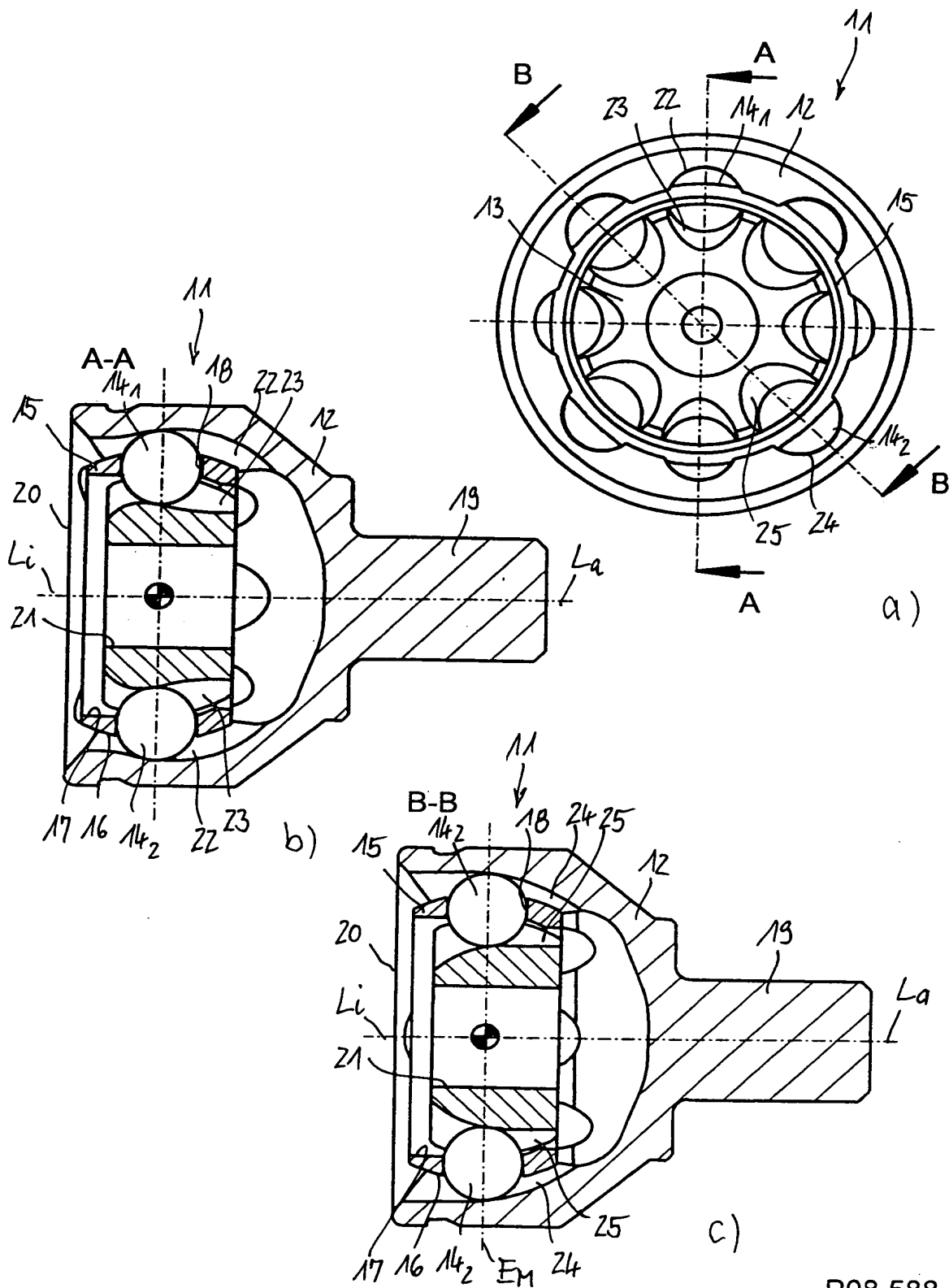
P08 586

FIG. 8



P08 589

FIG. 9



P08 588

FIG. 10

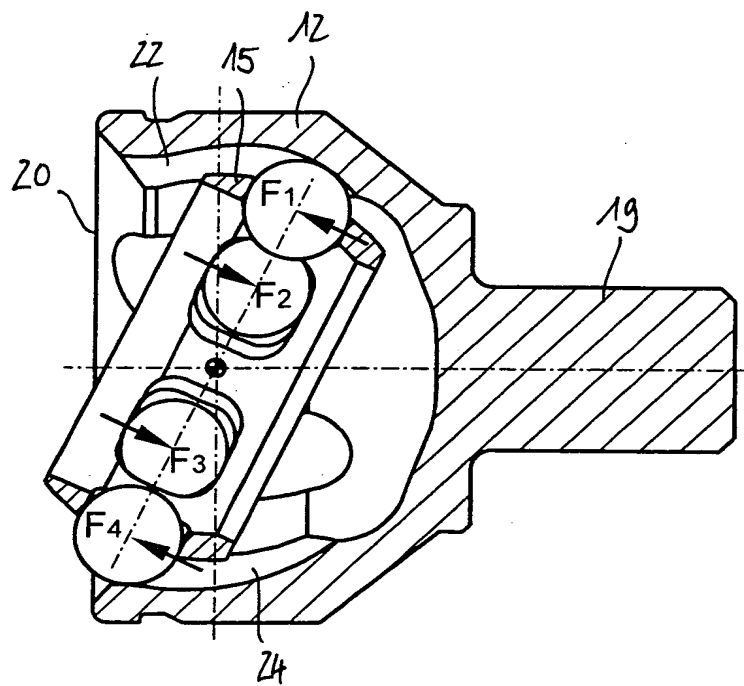


FIG. 11

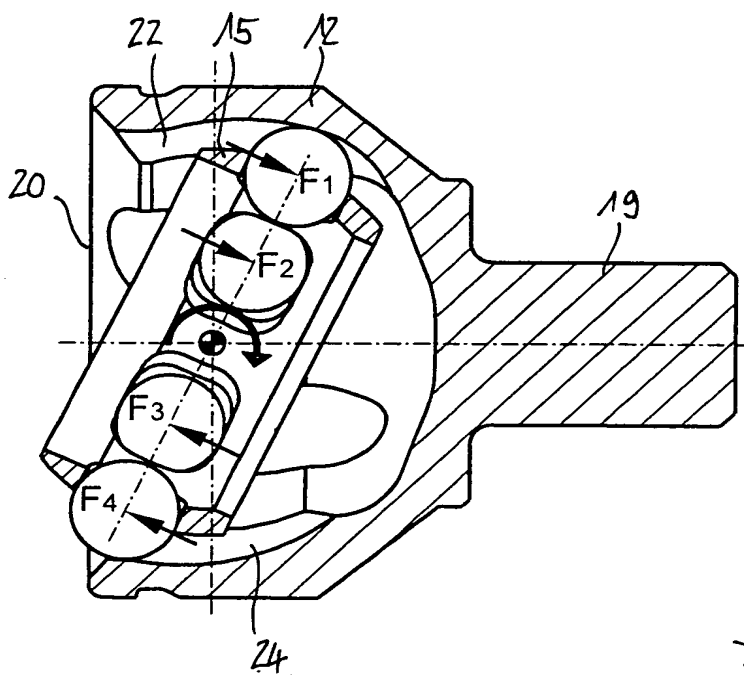


FIG. 12